

## مايكل شنايدر: الطاقة النووية في العالم بعد فوكوشيما

"الطاقة الشمسية ديمقراطية"

الطاقة النووية معادية للديمقراطية بحكم طبيعتها"

أرليش بيك

عالم اجتماع وفيلسوف

صحيفة لوموند، 10 تموز 2011

قبل أن نبدأ الخوض في هذا السجال سأحاول أن أطلعكم على بعض المعلومات والبيانات عن خلفية البرامج النووية الدولية، ووضعها الحالي ومصيرها المحتمل وعن ماهية سياق الطاقة فيها وأين تتم الاستثمارات وأين ترتفع المؤشرات تنخفض.

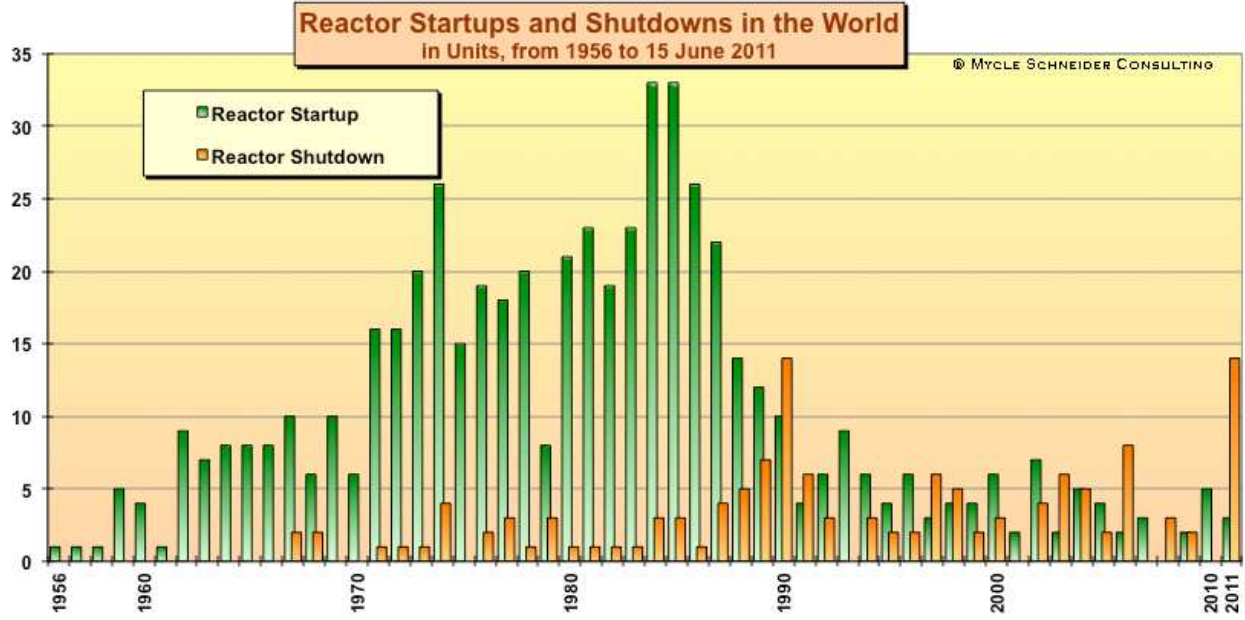
يمكن إجراء تحليل الطاقة فقط من خلال المتابعة الزمنية المتواصلة حيث يجب أن ننظر إلى مسار الحكاية كلها. إن صورة واحدة لا تكفي لمعرفة الحكاية فهي فقط تعطيكم فكرة عن الوضع في مرحلة ما. لكي نفهم الصورة الشمولية علينا أن نعود بالزمن إلى الوراء لنرى ما يحدث وهذا ما نحاول القيام به منذ عدة سنوات من خلال تقرير وضع الصناعة النووية العالمية.<sup>1</sup>

سوف أحاول أن أعطيكم نظرة عامة وهي سوف تتضمن الكثير من الرسوم البيانية. لا تولوا اهتماما كبيرا للأرقام. ما يهمني هو تحديد إذا كان التوجه يقود نحو الأعلى أو الأسفل، وما هي الأمور التي تتميز بحجمها الكبير وما هي التي حجمها صغير وما هي الميول.

الشكل 1: إنشاء وإغلاق المفاعلات النووية في العالم (مقاس بوحدة المفاعل النووي من العام 1956 حتى

15 حزيران 2011)

<sup>1</sup> Mycle Schneider, Antony Froggatt, Steve Thomas, "World Nuclear Industry Status Report 2010---2011 - Nuclear Power in a Post---Fukushima World", *Worldwatch Institute*, Washington, April 2011. A short, updated Version has been published by the *Bulletin of the Atomic Scientists*, July---August 2011.

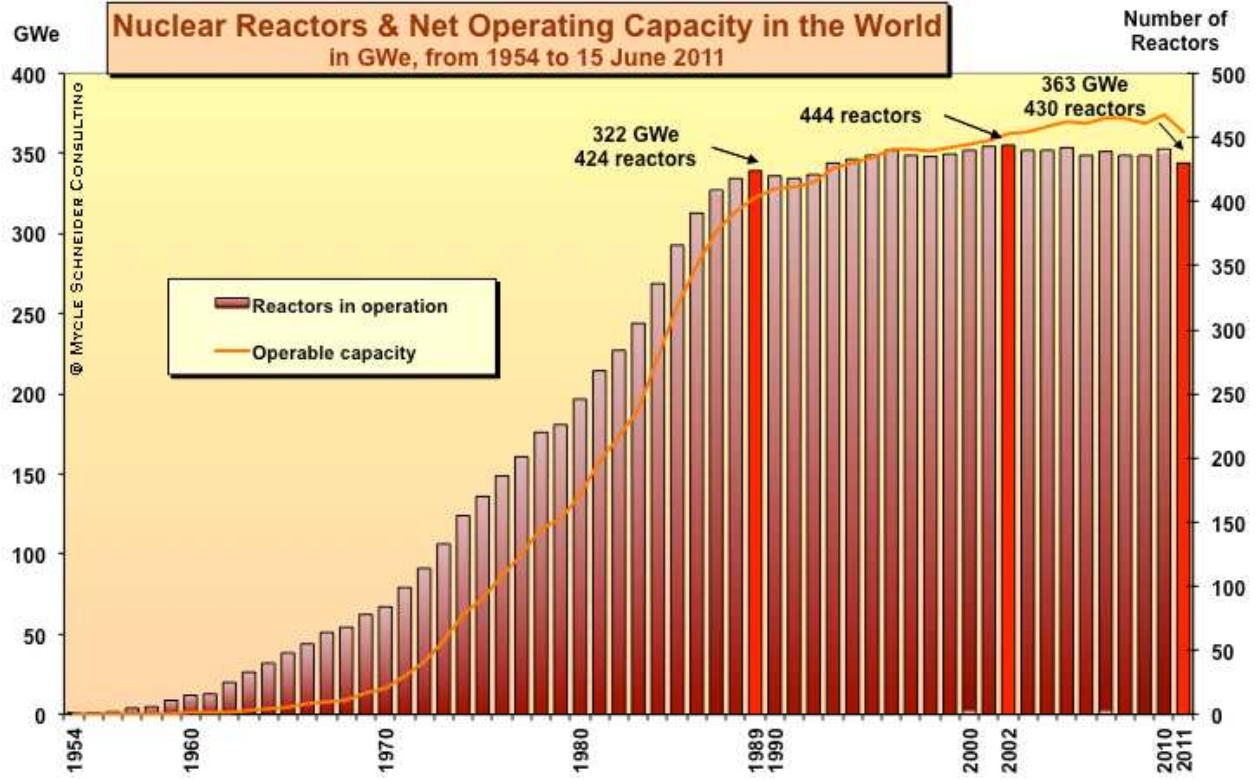


في الشكل السابق يتم عرض عدد المفاعلات التي بدأت عملها (باللون الأخضر) وتلك التي أغلقت (باللون الأحمر) . من السهولة أن نرى أن هناك موجتين خضراوين كبيرتين قبل العام 1990، ومنذ ذلك التاريخ بات اللون الأحمر يحتل مساحات قريبة من المساحات الخضراء على الأقل.

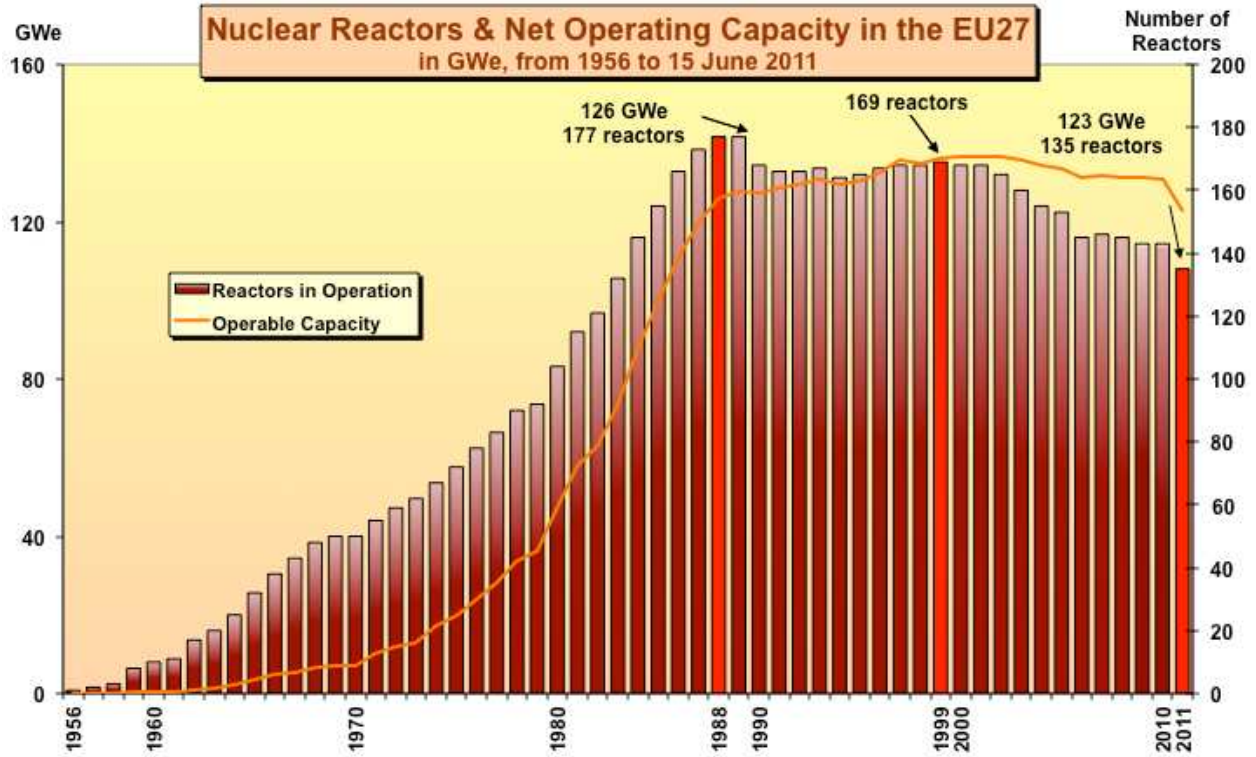
ويقدم الشكل 2 نظرة تراكمية للمفاعلات العاملة على مستوى العالم. وقد تصاعد عدد هذه المفاعلات ليصل إلى أوجه الأول سنة 1989 ومنذ ذلك الحين راوح النمو في عدد المفاعلات مكان. ليس هناك فارق مؤثر فيما إذا كان عدد المفاعلات العاملة 424 أو 430، لأنه وعلى مدار مدار عشرين سنة كان الحجم نفسه، حيث تم التوصل إلى العدد الأقصى التاريخي سنة 2002 والذي كان 444 مفاعلا عاملا.

الشكل 2: عدد المفاعلات النووية وإجمالي القدرة التشغيلية في العالم (بوحدة الجيجاواط من 1954 وحتى

15 حزيران 2011)



الشكل : 3: عدد المفاعلات النووية وإجمالي القدرة التشغيلية في دول الاتحاد الأوروبي ال 27 (بوحدّة الجيجاواط من 1956 وحتى 15 حزيران 2011)

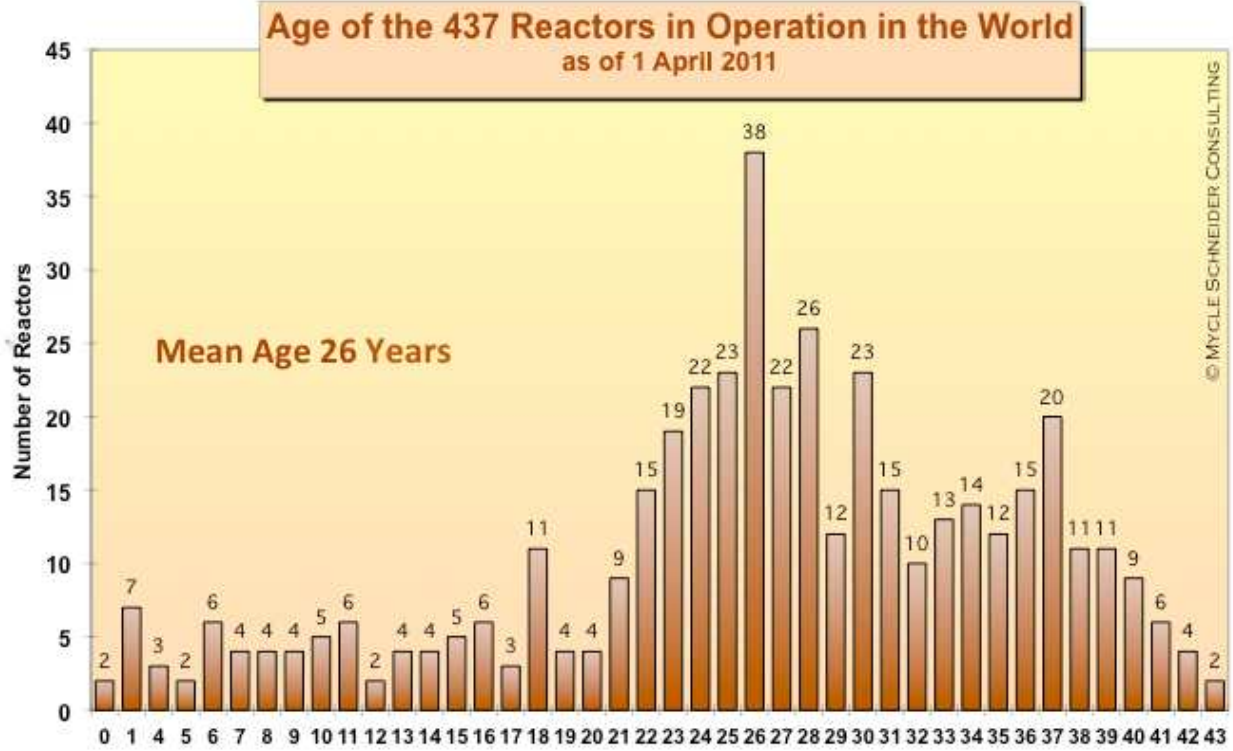


المصدر : 2011 IAEA--PRIS,MSC

ويقدم الشكل 3 نفس الصورة تقريبا ولكن فقط في دول الاتحاد الأوروبي، حيث تم الوصول لأعلى مستويات تاريخية في أعداد المفاعلات في وقت مماثل تقريبا لبقية العالم، ولكن في سنة واحدة أقل اي في العام 1988 بوجود 177 مفاعلا، ومنذ ذلك الحين هنالك تراجع واضح. الان، وبعد فوكوشيما، وبدء من 15 حزيران 2011، توجد 135 مفاعلا عاملا في الاتحاد الأوروبي، وهذا العدد يأخذ بالحسبان إغلاق ستة مفاعلات في فوكوشيما وثمانية مفاعلات في ألمانيا.

عدد المفاعلات العاملة في الاتحاد الأوروبي هو حاليا اقل ب 42 مفاعلا مقارنة مع الرقم الأعلى الذي تحقق في الثمانينات. ويجب تذكر هذا الأمر إذا ما سمعتم أخبارا عن وجود مفاعل واحد قيد البناء في فنلندا وآخر في فرنسا حيث سيستغرق الأمر مدة طويلة للغاية للعودة إلى الوضع في الماضي.

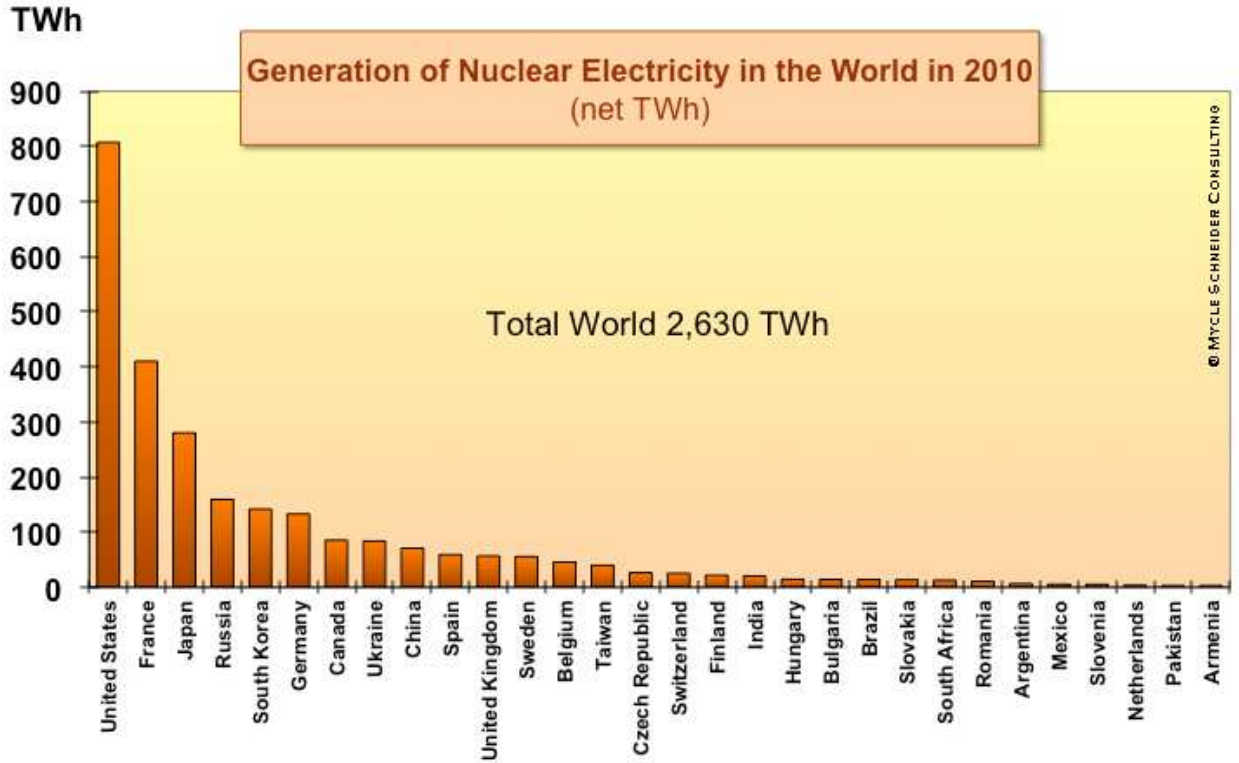
الشكل 4: أعمار 437 مفاعلا نوويا عاملا في العالم في تاريخ 1 نيسان 2011



وفي غياب مشاريع كبيرة لبناء مفاعلات جديدة، من الواضح أن هرم العمر يتحرك بشكل متزايد نحو العدد الأعلى من السنوات (انظر الشكل 4). هذه المفاعلات تهرم تدريجياً وكثيراً من المفاعلات الأخرى تتحرك نحو لائحة الأعمار الكبيرة، أي ما يزيد عن 40 سنة. حتى الآن، هناك بالكاد تجارب صناعية في المفاعلات التي تستمر في العمل لفترة طويلة، ولكن هنالك أعداداً متزايدة من الوحدات التي وصلت إلى هذا العمر. يصل متوسط عمر المفاعلات الحالية إلى 26 سنة فهل تذكر السيارة التي كنت تقودها قبل 26 سنة؟ هذا هو متوسط عمر التكنولوجيا التي تستخدمها تلك المفاعلات العاملة في العالم.

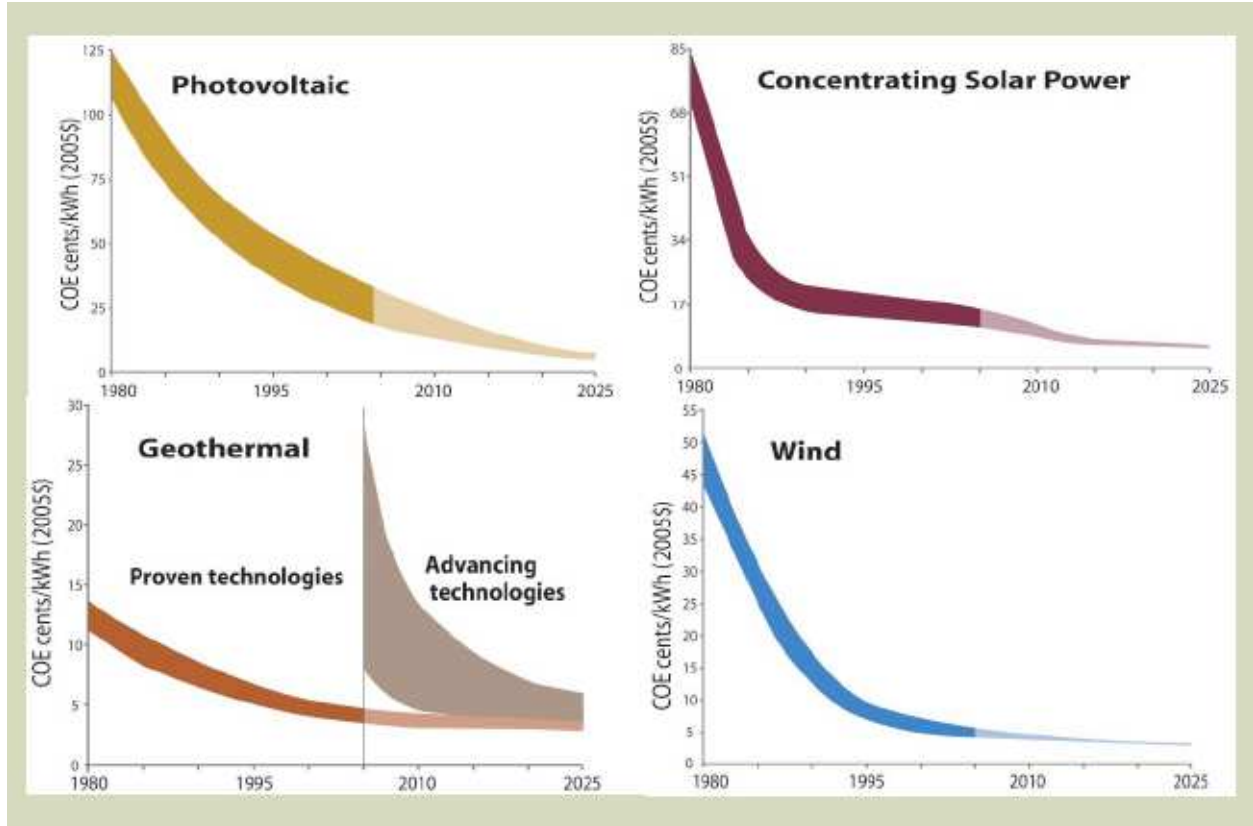
لقد شاهدنا في الأشكال السابقة أعداد المفاعلات المركبة وقدراتها. ويقدم الشكل 5 كميات الكهرباء التي تم توليدها من قبل محطات الطاقة النووية في العالم خلال العام الماضي (انظر الشكل 5). هناك الآن 30 دولة تقوم بتشغيل محطات طاقة نووية. الشيء الأول الذي تستطيعون رؤيته هو أن ما يحدث ليس ظاهرة تنتشر في العالم بشكل متكافئ نوعاً ما، ولكن هناك عدداً قليلاً من الدول، وذلك حسب السنة، التي تتركز فيها ثلثي أو ثلاثة أرباع كميات توليد الطاقة النووية في العالم. وهذه الدول هي الولايات المتحدة، وفرنسا، وروسيا واليابان وكوريا الجنوبية وألمانيا. يمكنك الآن أن تتخيل أن اليابان وألمانيا قد لا تكونان في هذه الفئة ابتداءً من السنة القادمة. وبالتالي فإن اثنين من أهم المنتجين سوف يؤدون دوراً أقل بكثير في المستقبل.

الشكل 5: توليد الطاقة الكهربائية من مصادر نووية في العالم 2010 (إجمالي تيراواط في الساعة)



لننظر الآن إلى موضوع التكاليف الاقتصادية، وهذه تسمى بمنحنيات تعلم التكنولوجيا من مجالات أخرى، من مجال الطاقة المتجددة (انظر الشكل 6). أنا لا أهتم كثيرا بالأرقام في حد ذاتها، وهي مبينة هنا بالسنتات لكل كيلواط بالساعة (2005 دولار أمريكي). أنا مهتم خصوصا بشكل وهيئة المنحنيات، ومدى توجيهها نحو الانحدار منذ سنة 1980 في هذه المجالات المختلفة، الخلايا الضوئية، تركيز الطاقة الشمسية، والحرارة الأرضية والرياح وهذا يعني أن هنالك تراجعاً حاداً في تكلفة توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة

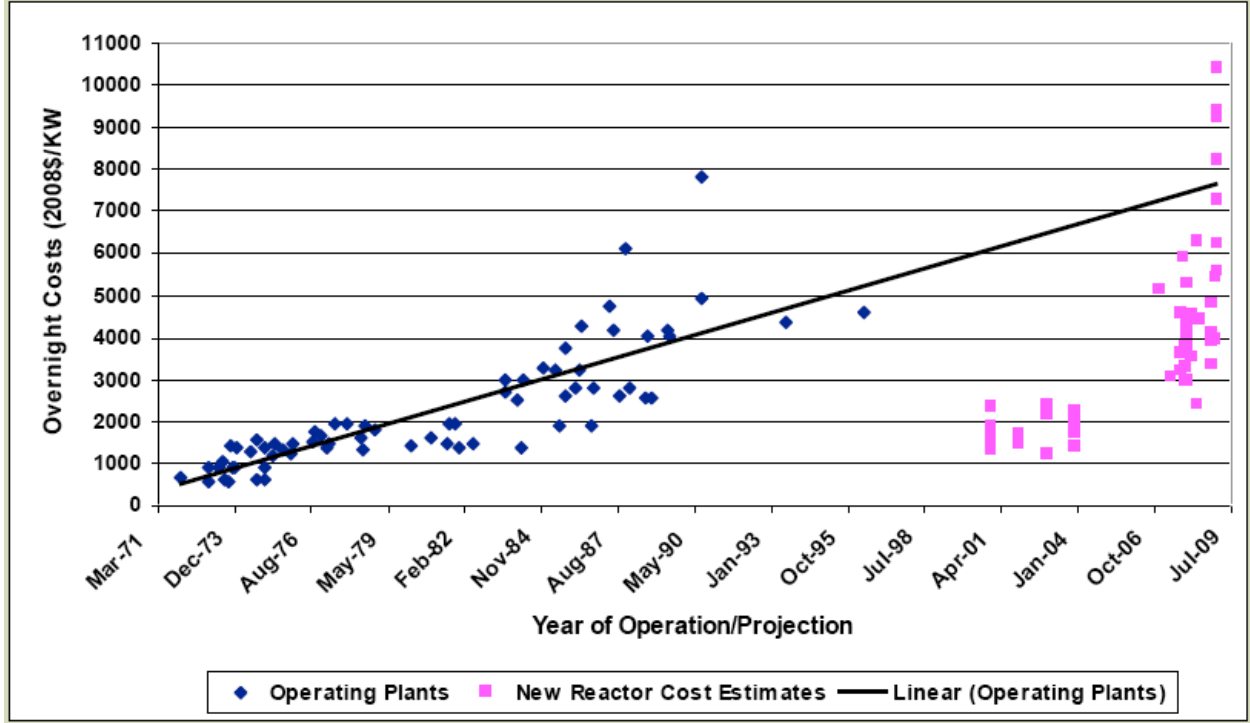
الشكل 6: منحنيات تعلم التكنولوجيا لعدة أنواع من الطاقة المتجددة



المصدر: Mark Cooper: “Cost Escalation and Crowding Out Alternatives: Policy challenges in Nuclear Reactor Constructions”, September 2010

إذا نظرتم إلى منحنيات تعلم التكنولوجيا المتعلقة بالطاقة النووية فإن الوضع معاكس تماما (انظر الشكل 7). بعض الناس يسمونه *النسيان من خلال العمل*، فهو منحنى تعلم سلبي. بدلا من تراجع الكلف، فإن مشاريع الطاقة النووية باتت أعلى فأعلى. وهذا يحدث لعدة أسباب. أحد الأسباب هي أنه يتم إعادة تقييم مستويات السلامة في كل الأوقات وهذا ما يكلف أموالا طائلة. كما أن التحسين والتحسين المستمر للتصاميم الفنية مكلف للغاية. أما تكاليف الاستثمار الشاملة فهي تستمر بالتزايد، مع زيادة المعرفة بالقضايا البيئية وقضايا السلامة وغيرها. هذه النقاط الزرقاء هي المفاعلات العاملة كلها في الولايات المتحدة - وهي المفاعلات التي تتوفر عنها بيانات شاملة.

الشكل 7: منحنى التعلم السلبي للمفاعلات النووية الأمريكية

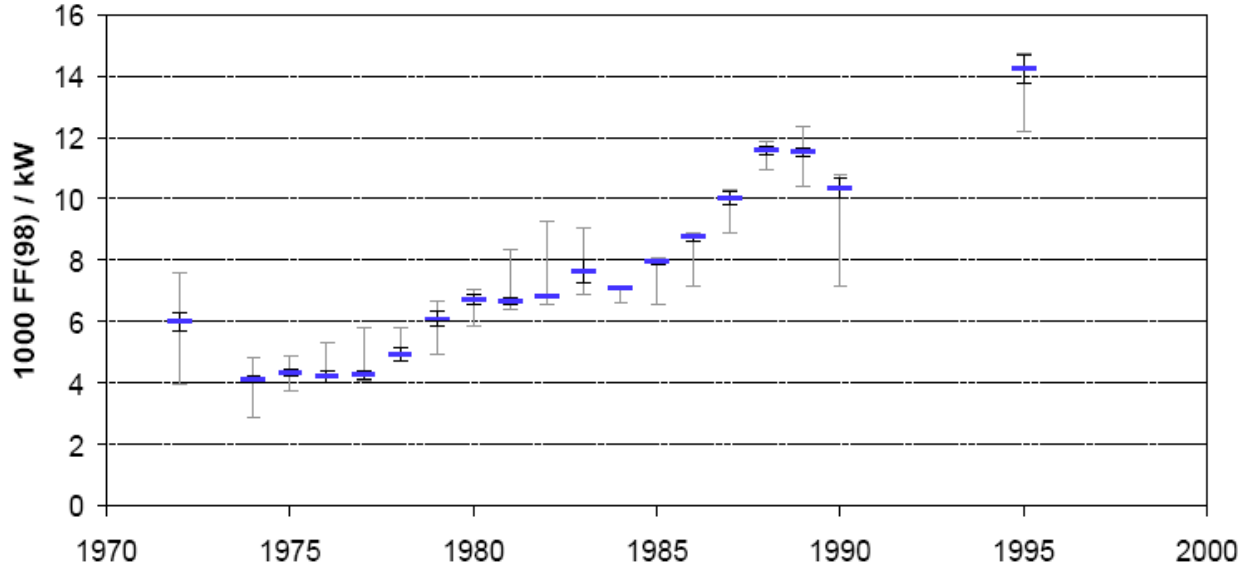


المصدر: Mark Cooper: “Cost Escalation and Crowding Out Alternative: Policy challenges in Nuclear Reactor Construction”, September 2010

أما النقاط ذات اللون الزهري، فهي تمثل تقديرات تكلفة المفاعلات الجديدة في السنوات الأولى القرن الحادي والعشرين. وقد كانت متدنية نوعاً ما حيث وصلت إلى نحو 1000 - 2500 دولار لكل كيلو واط مركب، ولكن بعد بضع سنوات فقط، تفجرت تلك التقديرات بفعل تطور التفاصيل الهندسية. كلما زادت دقة تعريف المشاريع، كلما تبين أنها أعلى بكثير.

الشكل 7: منحى التعلم السلبي للمفاعلات النووية الفرنسية





المصدر: Arnulf Grübler, “An assessment of the costs of the French nuclear PWR program 1970-2000”, October 2009

وإذا كنت تعتقد أن فرنسا لديها تجربة مختلفة نظرا لأنها تمكنت من توحيد مواصفات المفاعلات، فمن المخيب أن ترى أن هذه التجربة هي نفسها تلك التي حدثت في الولايات المتحدة، حيث المنحنى ينزلق أيضا إلى الأسفل (انظر الشكل 8). وإذا وضعتم المفاعلات قيد البناء حاليا في فنلندا وفرنسا على المنحنى، فإنها ستكون خارج القياس.

الشكل 9: الفترة بين التخطيط والتنفيذ وتخطي التكلفة: مثال أولكيلوتو-3، فنلندا

1999-1998	وضعت شركة الخدمات الفنلندية تقرير تقييم الأثر البيئي
2005	حجر الأساس في آب
2006	تأخر المشروع 18 شهرا
2007	تأخر المشروع 24 شهرا
2008	تأخر المشروع ما لا يقل عن 36 شهرا
2010	تأخر المشروع ما لا يقل عن 42 شهرا
2013	بداية التشغيل؟

الفترة الفاصلة: ما لا يقل عن 14 - 15 سنة منذ تقييم الأثر البيئي

السعر الرسمي: تقريبا 3 مليار يورو (سعر ثابت مضمون)

مقدار التكلفة المتخطاة بعد ست سنوات من بدء البناء: 2.7 مليار يورو (90%)

المجموع التقديري: أكثر من 5.7 مليار يورو أو 8.3 مليار دولار

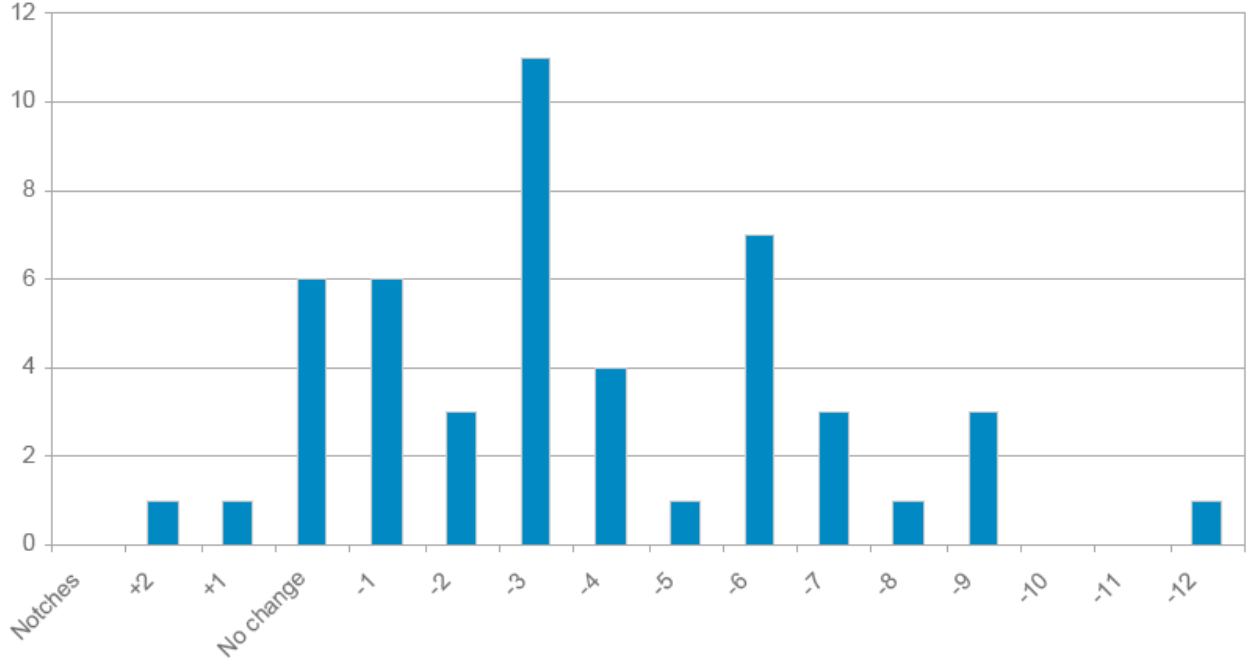
المصادر: مختلفة، تجميع MSC (مايكل شنايدر)

هذه التكنولوجيا تتعلق بواحد من مفاعلي ماء مضغوط أوروبيين أو EPR ما زالا قيد البناء في أوروبا، وهو المفاعل في فنلندا (انظر الشكل 9)

هنالك تعليقان على ما سبق: النقطة الأولى هي أن هناك فترة انتظار طويلة جدا. هذه ليست مشاريع يمكنك فيها أن تضع الجاروف في الموقع وأن هناك أفق تستطيع من خلاله أن ترى الوقت الذي يمكنك أن تدير فيه الآلة التي سيتم إنشاؤها. في هذه الحالة، إذا كان المشروع، الذي تأخر مرارا وتكرارا - فهو الآن متأخر تماما لمدة 4 سنوات سيبدأ 2013، فإن وقت الانتظار سيكون قد وصل إلى بين 14 و 15 سنة من بعد تقييم الأثر البيئي. وهذه ليست حتى بداية المشروع، ولهذا فإن الوقت طويل جدا.

النقطة الثانية فيما يتعلق بتأخر الوقت فهي التكلفة الباهظة والمبالغ الكبيرة من المال المستهلكة لتمويل هذا الجزء الذي يستولي على حصة كبيرة من إجمالي تكلفة المشروع. في هذه الحالة، فإن أكبر شركة تبني المحطات النووية في العالم، شركة أريفا، توقعت خسائر بقيمة 2.7 مليار يورو، مما يعني أن تقديرات التكلفة الآن باتت تزيد على 90% من الموازنة وأن هناك احتمالا كبيرا أن تصل إلى ما لا يقل عن 100%. وبدلا من 3 مليار يورو وصلنا الآن إلى 5.7 مليار يورو أو 8.3 مليار دولار. وهذا هو الواقع فهذه الأرقام لا تأتي من حسابات نماذج بل من واقع الحال.

الشكل 10: التغييرات في التصنيف الائتماني ل 48 شركة خدمات كهرباء أمريكية

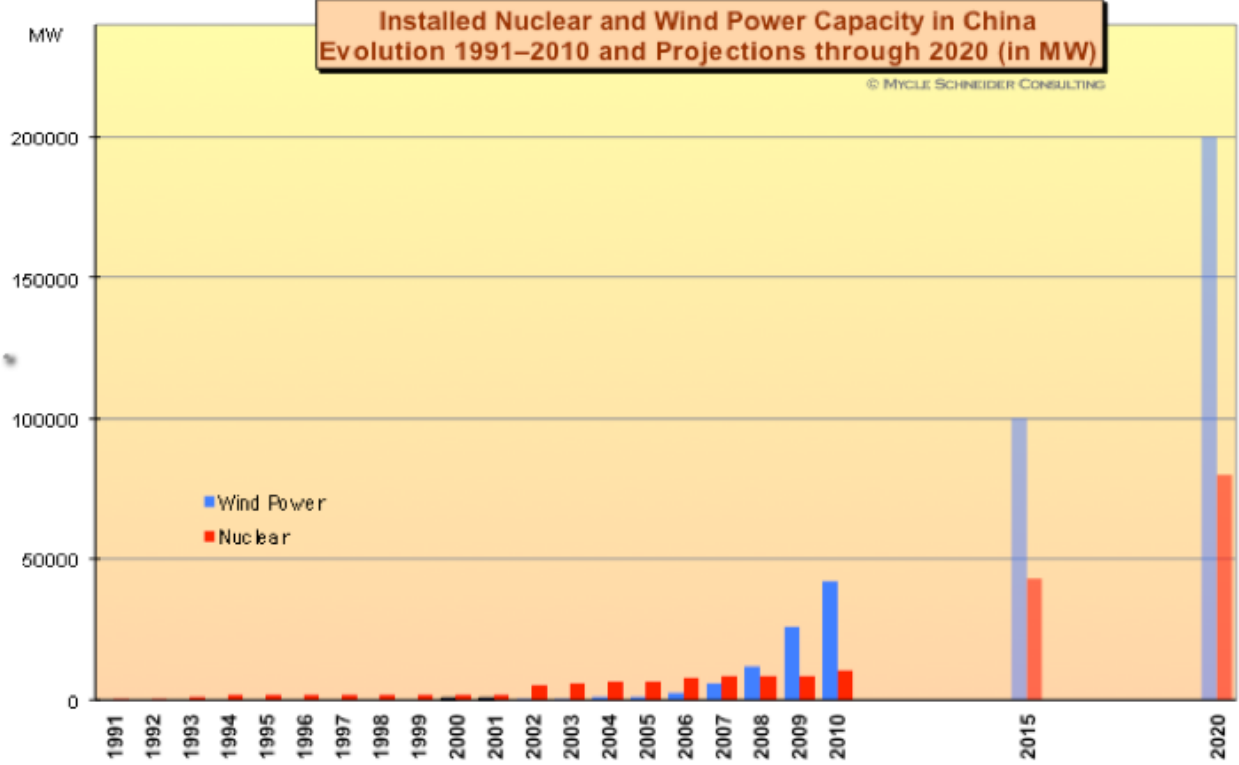


المصدر: Moody's, "New Nuclear Generation: Rating Pressure Increasing", 2009

ومع وجود مثل هذه التجارب ، بدأت هيئات التصنيف الائتماني تعانين عن قرب مشاريع الطاقة النووية (انظر الشكل 10). وقد عاينت موديز، وهي واحدة من أكبر الهيئات، 48 شركة خدمات أمريكية استثمرت في مشاريع الطاقة النووية في الماضي. ومن بين هذه الشركات الثمانية والأربعين، نجد أن 40 شركة تعرضت لتغيير سلبي على تصنيفها الائتماني، بينما ظلت الست الأخريات بدون تغيير وظهر أثر إيجابي على اثنتين فقط. وخلصت الهيئة إلى أنه: "موديز تتنظر في تطبيق رؤية أكثر سلبية على جهات الإصدار التي تنشط في سعيها لمحطات جديدة للتوليد النووي".

ما معنى الأثر السلبي على التصنيف الائتماني؟ الأمر في غاية البساطة، فهو يعني أن أي استثمار في الشركة الخدماتية الراجعة في التنفيذ سيكون أكثر كلفة لأن إمكانية النفاذ إلى الاعتمادات ورأس المال أعلى. يتسبب هبوط درجة التصنيف الائتماني بتأثير عمومي كبير على استراتيجيات الاستثمار وفرص الشركات والدول.

الشكل 11: تطور القدرة التشغيلية المركبة للطاقة النووية وطاقة الرياح في الصين 1991-2010 والتوقعات حتى العام 2020 (بوحدة ميغا واط)

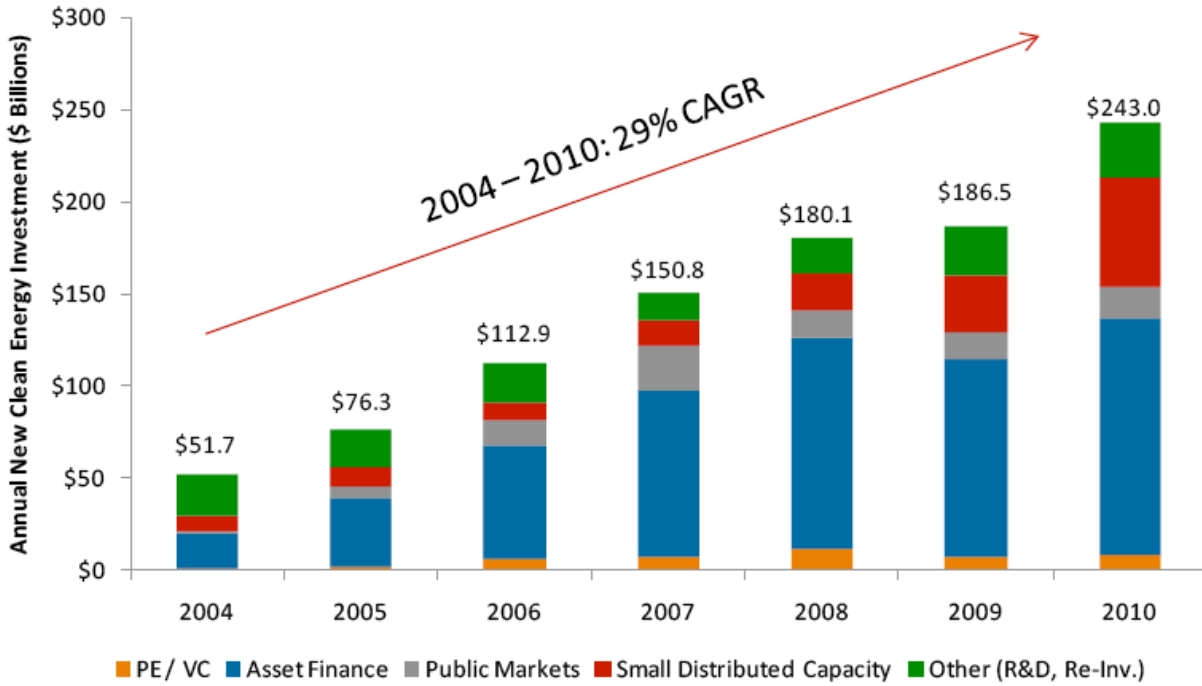


هناك دولة وحيدة تقوم باستثمارات كبيرة في الطاقة النووية، وهي الصين، حيث يظهر فيها 27 مفاعلا من أصل 65 على قائمة المفاعلات "قيد البناء" في العالم. هذا الامر يثير اهتماما كبيرا، ولكن الإنتباه قليل جدا لحقيقة أن الصين تستثمر أموالا أكثر في تكنولوجيا الطاقة الأخرى، وذلك أصلا قبل أزمة فوكوشيما. أن القدرة المشيدة للطاقة من الرياح كانت أعلى بأربعة أضعاف عن تلك الناتجة عن الطاقة النووية في الصين منذ نهاية 2010 (انظر الشكل 11). وهذا يعني أن هناك احتمالا كبيرا أن تقوم الصين بتوليد طاقة أكثر من الرياح مقارنة مع المفاعلات النووية في 2011. ومن المثير للملاحظة أن هذا الأمر لن يختفي في وجود الاستثمارات الضخمة في الطاقة النووية. حسب التوقعات الصينية، سيظل التقدم كبيرا في طاقة الرياح، وذلك على الرغم من احتمال تواصل الاستثمارات الضخمة في الطاقة النووية. ولكن، القرارات الصينية الصادرة بعد فوكوشيما -تجميد كافة إجراءات الترخيص الجديدة والتخلي عن المفاعلات القياسية من الجيل الثاني- يشير إلى حدوث تراجع ملحوظ في التوسع النووي.

بالنظر إلى إجمالي الاستثمار العالمي سنويا في الطاقة النظيفة الجديدة - وأيضا بدون النظر إلى تفاصيل أنواع الاستثمارات - فإن التطورات المتصاعدة واضحة وضوح الشمس: +29% سنويا بالمعدل ما بين 2004 و2010، حيث نصل إلى ما يقارب 250 مليار دولار أمريكي في 2010 (انظر الشكل 12). وقد أنفقت الصين وحدها أكثر من 20% من هذه الإستثمارات وهذا ما يربو على 50 مليار دولار. هذا يعني أن

الصين استثمرت في الطاقة المتجددة سنة 2010 أكثر من باقي أنحاء العالم في 2004. هل يمكن أن تتخيلوا معنى هذا كمؤشر على الأسواق، وعلى الاستثمار في تطوير التكنولوجيا؟ إنها ظاهرة مهمة. النقطة الأخرى أيضا المقارنة مع الاستثمار النووي حيث تقدر استثمارات الصين في الطاقة النووية بنحو 10 مليارات سنويا، مما يعني أنه في 2010 استثمرت البلاد في الطاقة المتجددة خمسة أضعاف ما استثمرته في الطاقة النووية.

الشكل 12: الاستثمار السنوي في الطاقة النظيفة الجديدة حسب فئة الأصول 2004 - 2010



المصدر: Bloomberg/Deutsche Bank, 2 May 2011

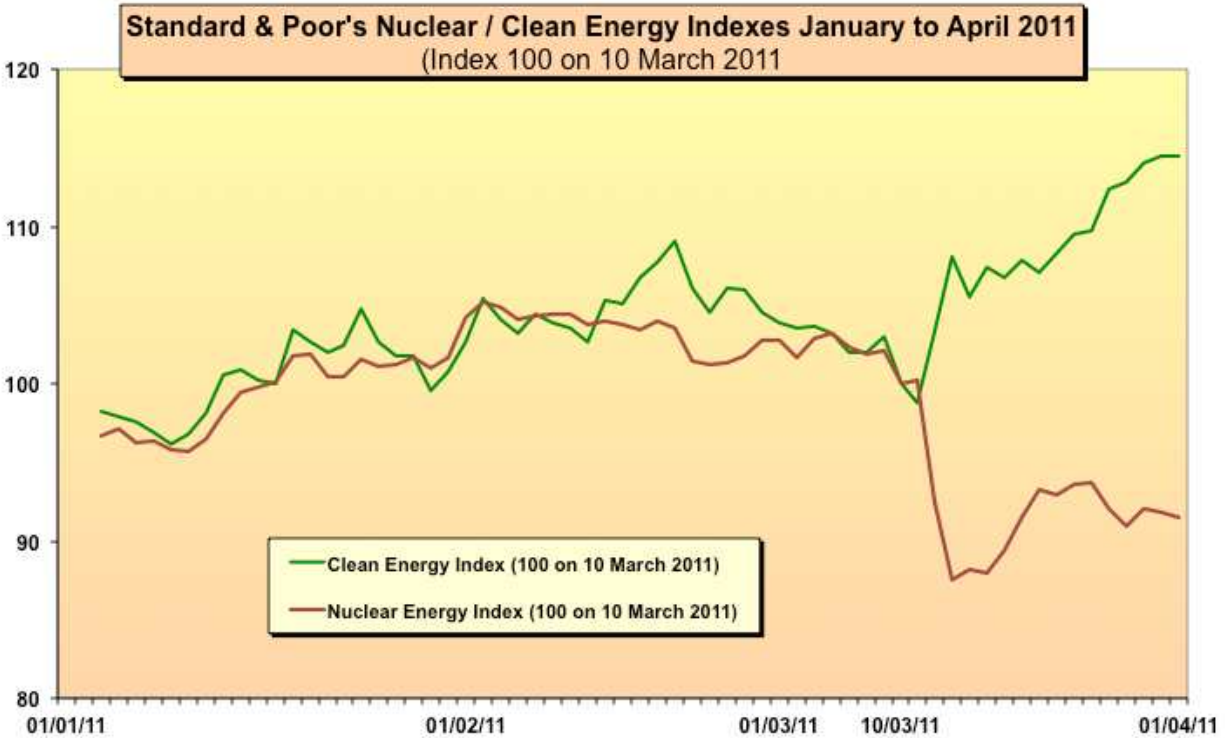
ملاحظة: CAGR = معدل النمو السنوي المدمج؛ PE = شركة مساهمة خاصة؛ VC = رأسمال استثماري مشترك

تعليق مختصر حول الرأي العام، ولكنه مهم جدا: لقد تبين بعد كارثة فوكوشيما أن هناك تحولا كبيرا في المواقف، وقد بينت دراسة عالمية أجريت في 24 دولة أن ربع الناس المستطلعين قد غيروا رأيهم تجاه الطاقة النووية. في فرنسا، بين آذار وحزيران 2011، تراجع عدد الناس المؤيدين للإغلاق السريع للمحطات النووية، ولكن عدد الناس المؤيدين للإغلاق البطيء زاد بشكل ضخم. في فرنسا، وهي إحدى الدول ذات

الحصة الأكبر في الطاقة النووية في العالم، يؤيد نحو ربع المواطنين المستطلعين حاليا الإغلاق التدريجي للمحطات النووية.

عند الحديث عن مؤشرات الأسواق، قمت بإجراء تحليلا تجريبيا صغيرا باستخدام مؤشرات من Standard & Poor's، وهي وكالة تصنيف أخرى. لدى هذه الشركة مؤشر خاص للطاقة النظيفة في السوق المالي ومؤشر خاص بالطاقة النووية وقد وضعت مؤشري الخاص في 10 آذار، اليوم الذي سبق بداية فوكوشيما (انظر الشكل 13). منذ بداية السنة وحتى فوكوشيما كانت مؤشرات الطاقة النظيفة والطاقة النووية متقاربة جدا. ثم أصبحت في اتجاهين متعاكسين. كانت هناك ردة فعل فورية على الأسواق المالية بعد فوكوشيما بحيث زادت قيم الطاقة المتجددة وتراجعت أسهم الشركات النووية بشكل كبير. تراجعت قيمة سهم شركة أريفا العملاقة النووية الفرنسية بقيمة 30% منذ شباط 2011. في الواقع كانت أسهم الشركة تتراجع لعدة سنوات حيث خسرت أكثر من 60% من قيمة أسهمها منذ 2007. في 2010 كانت خسائر أريفا التشغيلية قد وصلت إلى 423 مليون يورو.

الشكل 13: مؤشرات شركة Standard and Poor حول الطاقة النظيفة والنووية بين كانون الثاني-نيسان 2011



## الخلاصة:

تلعب الطاقة النووية دورا محدودا ومبالغا جدا في تقديره على مستوى العالم، فهي بالكاد تشكل 13% من الكهرباء، و5% من الطاقة الأولية التجارية و2% من الطاقة النهائية (أي بعد التحول والخسارة أثناء التوزيع، تكون تلك الطاقة المتوفرة فعليا للمستهلك) على مستوى العالم.

الطاقة النووية مكلفة وبطيئة. وانني أشدد على عامل الزمن، لأننا نناقش قضايا الطاقة في إطار التغير المناخي العالمي. ونحن بحاجة لرد فعل على تحديات التغير المناخي مع حلول سريعة وبكلفة تقدر عليها. تصنيف فوكوشيما للتكاليف النووية الكثير من حيث السلامة والتأمين والتمويل ومن الواضح أن هناك مشاكل أخرى مثل مواقف الرأي العام والمهارات الفنية وهو أمر لم أتطرق له ولكنه مهم أيضا.

لقد أصبح القطاع المالي أكثر تشككا الآن بالطاقة النووية منذ أي وقت سابق. الطاقات المتجددة وحتى الكفاءة في الطاقة هي الرابحة الآن في أسواق المال، بينما تتراجع الطاقة النووية. في 2010، للمرة الأولى، كانت القدرة الإجمالية العاملة لأربع فئات فقط من الطاقة المتجددة وهي: الرياح، والشمس، والمنشآت المائية والحيوية الصغيرة، تتخطى النووية. لهذا بعد فوكوشيما وبعد ردود الفعل الجلييلة في الاقتصادات الرائدة على مستوى العالم، في هذه المرحلة، لا نرى أية آفاق يمكن تحديدها بالنسبة للطاقة النووية بأن تكون هي تكنولوجيا الطاقة الرئيسية في المستقبل.

يمكن المستقبل في تكنولوجيا تقدر على كلفتها ويتم توزيعها أي أن تكون لا مركزية بحيث تكون كفاءة تماما، مثل الشبكات الذكية والتطور الحضري المستدام. السياسة النووية المركزية وغير المرنة والتي تتسم عادة بالشمولية تعتبر رمزا لما هو عكس كل هذه الآفاق الموعودة